

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ЖИДКОГО ГЕЛИЯ
ОТ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

Э.Л.Андроникашвили, Д.С.Цакадзе

Вопрос об изменении плотности во вращающемся гелии-II по сравнению с его неподвижным состоянием представляет значительный интерес ввиду наличия в нем системы квантованных вихрей Онсагера - Фейнмана [1]. В частности, приходится часто встречаться с предположением, высказываемым как устно, так и в печати, что наличие вихревых нитей как бы "разрыхляет" вращающийся гелий-II.

Для выяснения скоростной зависимости плотности гелия-II нами был предпринят эксперимент, в котором во вращательное движение приводился чувствительный пикнометр. Этот пикнометр представляет собой медный баллон объемом в $52,57 \text{ см}^3$, к которому приклеен стеклянный капилляр длиной 60 мм и внутренним диаметром 1,75 мм (рис. 1). Вверху капилляр раздут в небольшую сферу, а второй конец его вклеен в муфту вентиля, при помощи которого регулируется количество жидкого гелия в пикнометре. При проведении измерений вентиль был закрыт, а пикнометр, освещаемый лампой дневного света, рассматривался в катетометр. Точность индивидуального отсчета равнялась при этом $\pm 0,005 \text{ мм}$, что же касается разброса экспериментальных данных, то он не превышал $\pm 0,2 \text{ мм}$, и это давало возможность измерить относительное изменение плотности с точностью в $\Delta\rho/\rho = \pm 0,0009\%$. Весь пикнометр вставлялся в стакан, выполненный из оргстекла и погруженный в ванну с жидким гелием. Этот стакан приводился во вращение обычным способом, при котором привод проходит через сальник, расположенный соосно с пикнометром.

Сконструированный нами прибор обладает чувствительностью, разрешающей регистрировать изменения в шестом знаке плотности. Эта чувствительность настолько высока, что с помощью такого пикнометра было невозможно непосредственно измерять зависимость плотности от температуры, так как уровень жидкости уходил за пределы капилляра при малейшем изменении температуры.

Результаты изучения зависимости плотности гелия-II от угловой скорости вращения, полученные при постоянной температуре, приведены на рис. 2. При переходе от одной температуры к другой уровень жидкости в капилляре устанавливался каждый раз заново при помощи вентиля.

При рассмотрении рис. 2 бросается в глаза, что при закручивании гелий-II значительно уплотняется, причем тем больше, чем ниже его температура и чем выше угловые скорости.

Объяснение наблюдаемого явления повышением центробежного давления, равного $0,5 \rho \omega_0^2 r^2$ (ω_0 - угловая скорость, r - расстоя-

ние до оси вращения), потребовало бы коэффициента сжимаемости $1/\rho(\partial\rho/\partial P)_T$, в десятки раз превышающего величину, получаемую экстраполяцией существующих данных к малым давлениям (центробежное давление в условиях нашего эксперимента мало и не превышает $2 \cdot 10^{-6}$ атм).

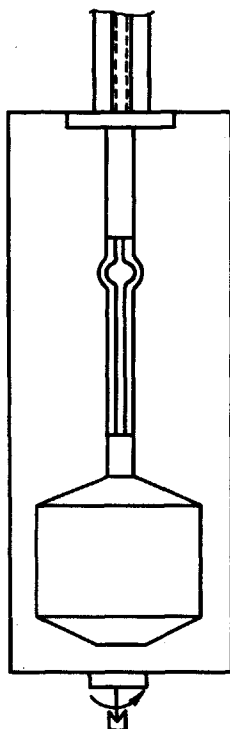


Рис. I

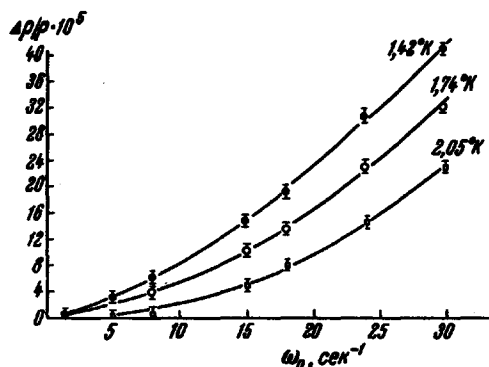


Рис. 2

Кроме того, следует заметить, что если бы наблюдаемое нами уплотнение жидкого гелия было бы связано с его сжатием центробежным давлением, то благодаря известным свойствам коэффициента сжимаемости эффект должен был бы усиливаться с ростом температуры, а производная $\partial\rho/\partial\omega_0$ должна была бы уменьшаться с ростом угловой скорости. В действительности же увеличение температуры уменьшает наблюдаемое нами уплотнение, а производная $\partial\rho/\partial\omega_0$ растет с ростом ω_0 .

Если привести во вращение с такими же угловыми скоростями гелий-I, то наблюдать изменение его плотности не удастся.

Таким образом, приходится допустить существование некоего специфического механизма уплотнения гелия-II, не связанного с наличием центробежного давления, но связанного, по-видимому, с существованием квантованных вихрей типа Онсагера - Фейнмана.

В качестве предварительного результата можно сообщить, что при переходе через точку фазового превращения наблюдается скачок плотности жидкого гелия, который свидетельствует о том, что в состоянии вращения фазовый переход He-II - He-I является фазовым переходом первого, а не второго рода.

Авторы благодарят Д.Г.Мамаладзе за участие в обсуждении результатов.

Институт физики
Академии наук
Грузинской ССР

Поступило в редакцию
23 июля 1965 г.

Литература

- [1] R.P.Feynman. Progress in Low Temperature Physics, I, North Holland Publishing Co. Amsterdam, 1955, ch. II.